

**STUDI PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN TOWER SALURAN  
UDARA TEGANGAN EKSTRA TINGGI (SUTET) 500 KV PEDAN-  
UNGERAN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan  
Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**ANDRE FARMADA**

**D 400 120 015**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**STUDI PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN TOWER SALURAN  
UDARA TEGANGAN EKSTRA TINGGI (SUTET) 500 KV PEDAN-  
UNGERAN**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**ANDRE FARMADA**

**D 400 120 015**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Ir. Jatmiko, M.T.**

**NIK.622**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**STUDI PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN TOWER SALURAN  
UDARA TEGANGAN EKSTRA TINGGI (SUTET) 500 KV PEDAN-  
UNGERAN**

**OLEH**

**ANDRE FARMADA**

**D 400 120 015**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Kamis, 4...8... 2016  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

**1. Ir. Jatmiko, M.T.**

**(Ketua Dewan Penguji)**

**2. Agus Supardi, S.T., M.T.**

**(Anggota I Dewan Penguji)**

**3. Hasyim Asy'ari, S.T., M.T.**

**(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....)  
(.....)  
(.....)



**Dekan,**

**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D**

**NIK. 682**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 5 Juli 2016

Penulis



ANDRE FARMADA

D400 120 015

# STUDI PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN TOWER SALURAN UDARA TEGANGAN EXTRA TINGGI (SUTET) 500 KV PEDAN-UNGARAN

## Abstrak

PT PLN (Persero) Basecamp Salatiga adalah perusahaan listrik yang bergerak di bidang pemeliharaan dan perbaikan kelistrikan di Jawa Tengah. Salah satu wilayah pemeliharaan dan perbaikan basecamp salatiga yaitu jalur transmisi tower saluran udara tegangan extra tinggi (SUTET) 500 kV Pedan-Ungaran. Dalam proses perbaikan dan pemeliharaan, sering kali ditemukan terjadinya gangguan listrik yang disebabkan oleh arus lebih atau tegangan lebih. Hal ini tentunya sangat membahayakan bagi peralatan, manusia, ataupun makhluk hidup lainnya. Untuk mengatasi hal tersebut dibuatlah jalur pentanahan yaitu suatu elektroda pembedaan yang ditanam ke dalam tanah. Adanya sistem pentanahan ini membuat arus gangguan dapat cepat dialirkan ke dalam tanah dan disebarkan ke segala arah. Besar kecilnya nilai pentanahan sangat dipengaruhi oleh komposisi jenis tanah di sekitar tower dan penghantar elektroda yang ditanam. Semakin kecil nilai tahanan pentanahan maka gangguan akan cepat dialirkan ke dalam tanah. Nilai suatu pentanahan tower bisa di ketahui dengan melakukan pengukuran tahanan pentanahan tower. Nilai maksimum tahanan pentanahan yang diperbolehkan oleh PT PLN(Persero) jalur transmisi SUTET 500 kV sebesar 15  $\Omega$ . Jalur transmisi Pedan-Ungaran mempunyai tower sebanyak 174 dengan jenis elektroda batang atau disebut *grounding rod*. Jumlah elektroda yang ditanam ke dalam tanah sebanyak 4 elektroda terpasang secara paralel. Dari pengukuran gabungan 4 elektroda batang yang ditanam sedalam 3 meter mempunyai nilai tahanan sebesar 2  $\Omega$ . Nilai ini dapat diperkecil dengan pembuktian yaitu analisis perhitungan tahanan pentanahan dengan mengganti elektroda batang sedalam 4 meter yang didapat nilai tahanan pentanahan sebesar 1,56  $\Omega$  atau memakai elektroda batang dengan kedalaman 5 meter yang di dapat nilai tahanan pentanahan sebesar 1,29  $\Omega$ .

**Kata Kunci :** Pentanahan, Resistansi, Gangguan, SUTET

## Abstract

PT PLN (Persero) Salatiga Basecamp is a power company engaged in the maintenance and repair of electricity in Central Java. One of the areas of maintenance and repair of basecamp Salatiga is extra high-voltage air transmission line tower (SUTET) 500 kV Pedan-Ungaran. In the process of repair and maintenance, often found a power outage caused by overcurrent or overvoltage. This is certainly very dangerous for equipments, humans, or other living creatures. To overcome that things, it is made a grounding path that is a grounding electrode implanted into the ground. The existence of this grounding system makes the fault current can be quickly drained into the ground and spread in all directions. The size of the value of the grounding is strongly influenced by the composition of the soil around the tower and conductive electrode implanted. The smaller the value of grounding resistance, the faster it will be drained into the earth. Grounding value of tower can be known by do the measurement of grounding value. The maximum value allowed by PT PLN (Persero) SUTET 500 kV transmission lines of 15  $\Omega$ . Transmission line tower of Pedan-Ungaran has as many as 174 types of electrodes can be called a grounding rod. The number of electrodes implanted into the soil are four electrodes installed in parallel. The combined measurement of four electrodes implanted in 3 meters deep has a resistance value of 2  $\Omega$ . This value can be minimized by proving that is grounding resistance calculation analysis by replacing the custody grounding electrode rod as deep as 4 meters gotten the grounding resistance values of 1.56  $\Omega$  or use electrode rod with a depth of 5 meters which can grounding resistance values of 1.29  $\Omega$ .

**Keywords:** Grounding, Resistance, Fault, SUTET

## 1. PENDAHULUAN

Sistem pentanahan merupakan salah satu faktor penting dalam usaha pengamanan dan perlindungan sistem tenaga listrik saat terjadi gangguan yang disebabkan oleh arus lebih dan tegangan lebih. Pada saat terjadi gangguan disistem tenaga listrik, adanya sistem pentanahan menyebabkan arus gangguan dapat cepat dialirkan ke dalam tanah dan disebarkan kesegala arah. Arus gangguan ini menimbulkan *gradient* tegangan antara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah, serta pada permukaan tanah itu sendiri. Besarnya *gradient* tegangan pada permukaan tanah itu tergantung pada resistansi jenis tanah. Salah satu usaha untuk memperkecil *gradient* tegangan permukaan tanah yaitu dengan suatu elektroda pembedaan yang ditanam ke dalam tanah. “*Research on Reducing Grounding Resistance of Transmission Line Tower Grounding Grid*”, dengan menggunakan teknologi ini, penerapan pada saluran jaringan transmisi memiliki perbandingan hasil tes yang memverifikasi bahwa akibat sambaran petir dapat di kurangi dengan menggunakan kombinasi dan metode pentanahan dalam lingkungan kondisi tanah yang kompleks.

Pengaplikasian pentanahan saluran transmisi merupakan salah satu faktor yang penting untuk usaha pengamanan dan perlindungan dari gangguan arus lebih dan tegangan lebih. Sistem pengamanan tersebut dapat melindungi baik untuk peralatan, sistem, manusia, ataupun dari makhluk hidup itu sendiri. Sistem pentanahan digunakan sebagai pengamanan langsung apabila terjadinya gangguan-gangguan di sepanjang jalur transmisi. Aturan penempatan elektroda untuk pengukuran resistansi tanah pada sistem pentanahan secara vertikal pada kondisi tanah berlapis dapat dianalisis dengan menggunakan metode numerik, (Zeng, 2004)

Sistem pentanahan ini merupakan salah satu sistem pengaman terhadap gangguan hubung singkat ke tanah seperti gangguan satu fase ke tanah, gangguan dua fase ke tanah, atau tiga fase ke tanah. Pada gangguan hubung singkat menyebabkan mengalirnya arus yang cukup besar yang dapat membahayakan manusia di sekitarnya dan peralatan-peralatan yang terpasang. Adanya sistem pentanahan menyebabkan arus gangguan dapat cepat di alirkan ke dalam tanah. Untuk itu diperlukan nilai pentanahan sekecil mungkin agar arus gangguan mengalir ke tanah bukan ke peralatan.

Besar kecilnya nilai pentanahan sangat dipengaruhi oleh komposisi jenis tanah di sekitar tower dan penghantar elektrode yang terpasang di tower saluran udara tegangan extra tinggi (SUTET), jenis tanah ini terdapat bermacam-macam komposisi ada yang memiliki kadar air yang besar, kelembaban tanah yang berbeda-beda, dan jenis tanah yang berbeda.

Jenis tanah pada dasarnya terdiri atas tanah rawa, tanah liat, tanah ladang, tanah pasir basah, tanah krikil basah, tanah pasir/krikil, dan tanah berbatu. Hal ini mempengaruhi nilai resistansi pentanahan dan kecepatan hantaran listriknya. Ada beberapa metode pengukuran resistansi tanah, yaitu dengan menggunakan metode pengukuran resistansi tanah dengan menggunakan kawat tembaga pendek yang diterapkan untuk menguji resistansi dasar, dari beberapa simulasi yang mempertimbangkan konduktor pentanahan secara simultan. (lie, 2008).

Permasalahan yang lain yang sering timbul adalah kendornya baut pada kawat tanah dan korosi dipenghantar elektrode yang menyebabkan jalur pentanahan akan memiliki resistansi yang tinggi yang dapat membuat aliran gangguan tidak dapat mengalir secara sempurna ke tanah. Maka dari itu diperlukannya pengukuran tahanan pentanahan secara terjadwal untuk mengetahui nilai tahanan tanah pada suatu tower tidak melebihi dari nilai tahanan pentanahan tower yang telah ditentukan oleh PLN. Stabilitas dan keamanan gardu 500-kV sangat penting untuk operasi yang aman dari sistem tenaga, yang dimana memiliki karakteristik landasan pentanahan yang berbeda dari pada kondisi frekuensi daya ketika terkena sambaran petir, (Tian, 2011). Berdasarkan hal tersebut penulis mencoba untuk menulis skripsi yang berjudul “ Studi Pengukuran Tahanan Pentanahan Tower Saluran Udara Tegangan Extra Tinggi (SUTET) 500 kV Pedan-Ungaran”.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **2.1. Rancangan Penelitian**

Penelitian ini dengan judul “Studi Pengukuran Tahanan Pentanahan Tower Saluran Udara Tegangan Extra Tinggi (SUTET) 500 kV Pedan-Ungaran”. Penelitian ini dilakukan di PT PLN(Persero) Basecamp Salatiga dan direncanakan penelitian ini dapat diselesaikan dalam waktu 2 bulan. Dengan tahapan dari proses studi literatur, pengumpulan data, analisis data, dan kesimpulan.

#### **1. Studi literatur**

Studi literatur merupakan kajian penulis atas referensi-referensi yang ada baik berupa buku, karya ilmiah, dan internet yang berhubungan dengan penulisan laporan ini, yang nantinya dapat digunakan dalam pedoman pembuatan laporan penelitian studi pengukuran tahanan pentanahan tower saluran udara tegangan extra tinggi (SUTET) 500 kV Pedan-Ungaran.

## 2. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan pengambilan data hasil pengukuran tahanan pentanahan tower saluran udara tegangan extra tinggi (SUTET) 500 kV Pedan-Ungaran di PT PLN(Persero) Basecamp Salatiga.

## 3. Analisis data

Analisis data yaitu proses untuk memahami data yang di peroleh dari proses pengambilan data, di mana dalam proses ini dapat diketahui bahwa sistem masih dapat bekerja dengan baik atau tidak atau bahkan dalam analisis ini ditambahkan perbaikan sistem agar sistem dapat bekerja lebih baik lagi.

## 4. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan hasil akhir dari analisis yang berupa data-data.

### 2.2. Peralatan Utama dan Pendukung

Peralatan yang digunakan untuk penelitian dan pengerjaan laporan tugas akhir antara lain :

1. laptop.
2. Alat ukur digital *earth tester* model 4105A yang dipergunakan untuk pengukuran tahanan pentanahan tower saluran udara tegangan extra tinggi (SUTET) 500 kV Pedan-Ungaran.
3. Flasdisk yang digunakan untuk menyimpan data saat pengumpulan data laporan.

### 2.3. Gambaran Kerja Sistem

Penelitian ini mengambil data dari PT PLN(Persero) Basecamp Salatiga berupa data hasil pengukuran tahanan pentanahan tower saluran udara tegangan extra tinggi (SUTET) 500 kV Pedan-Ungaran tahun 2014 dengan jumlah data 174 tower.

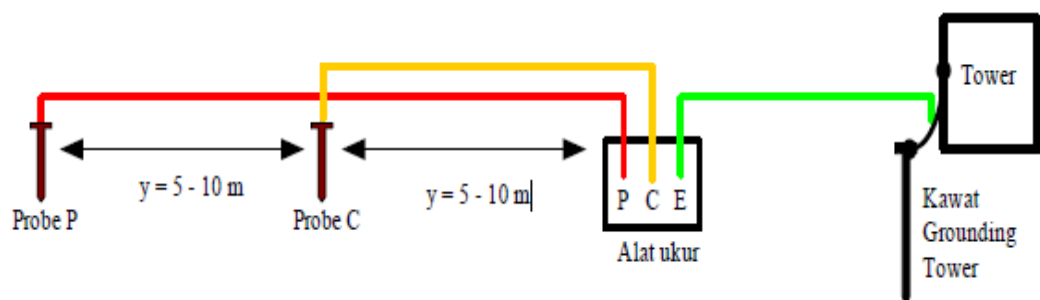
Gambar 1 menunjukkan tata cara pengujian tahanan pentanahan tower yang dipakai oleh PT PLN(Persero), pengujian tersebut sudah diatur didalam keputusan direksi 520 buku pedoman pemeliharaan PT PLN(Persero) dan syarat utama sebuah *grounding* itu baik adalah tahanan *grounding* itu sama dengan 0  $\Omega$ . Tahanan tersebut adalah tahanan *grounding* ideal meski dalam kenyataannya nilai *grounding* tidak 0  $\Omega$ , maka dari itu nilai *grounding* mempunyai batasan yang telah ditentukan oleh PT PLN(persero) yaitu sebesar maksimal 15  $\Omega$  untuk tower SUTET 500 kV. Tower Pedan-Ungaran memakai jenis elektroda batang atau dapat disebut juga *grounding rod*, banyaknya elektroda batang yang ditanam di tower tergantung dari besarnya tahanan tanah di sekitar tower tersebut.

Gambar 2 menunjukkan alat pengukuran tahanan pentanahan tower ini memakai alat yang dinamakan *Earth Tester* dengan nama alat Kyoritsu, digital *earth tester* model 4105A. Perancangan alat ukur tahanan tanah digital ini menggunakan tiga batang elektroda yang di tanamkan yaitu elektroda E(earth), elektroda P(potensial), dan elektroda C(current) tujuan penggunaan tiga batang elektroda ini yaitu untuk



mengetahui sejauh mana tahanan dapat mengalirkan arus listrik. Alat ukur ini juga mempunyai intruksi penggunaanya yaitu dari pengecekan baterai, pemasangan jarak antara elektroda E, P, dan C yaitu 5 sampai 10 meter dengan sudut  $180^0$  dan pengukuran tegangan bumi atau dapat di sebut *earth voltage* tidak boleh melebihi 10 volt, jika tegangan bumi melebihi 10 volt hal ini dapat mengakibatkan kesalahan yang berlebih dalam pengukuran resistansi pentanahan. Akurasi dari alat ini  $\pm 2 \%$  dari pengukuran.

Persiapan kerja dari sistem ini yaitu membawa alat ukur *earth tester*. Pengukuran akan dilakukan di tower SUTET 500 kV Pedan-Ungaran berjumlah 174 tower, dengan setiap tower mempunyai 4 batang elektroda yang dipasang secara paralel di dalam tanah dan dihubungkan dengan kawat *grounding* dari tower nantinya kawat *grounding* ini yang akan di ukur oleh alat ukur *earth tester*. Proses pertama yang dilakukan dalam pengukuran adalah pemeriksaan peralatan yaitu pemeriksaan baterai alat sebelum digunakan, setelah itu hubungkan kabel warna hijau yaitu elektroda E(earth) dari alat ukur ke kawat *grounding*. Kedua, hubungkan kabel warna kuning yaitu elektroda C(current) dari alat ukur ke probe C dimana probe C ini yaitu elektroda bantu. Ketiga, hubungkan kabel warna merah yaitu elektroda P(potensial) dari alat ukur ke probe P dimana probe P ini yaitu elektroda bantu. Setelah semua probe telah terpasang dengan baik maka selanjutnya mengukur *earth voltage* tidak melebihi 10 volt, dan mengatur switch ke 20  $\Omega$ , 200  $\Omega$ , atau 2000  $\Omega$  tergantung kebutuhan dan tekan tombol press to test pada alat ukur dan catat hasilnya.

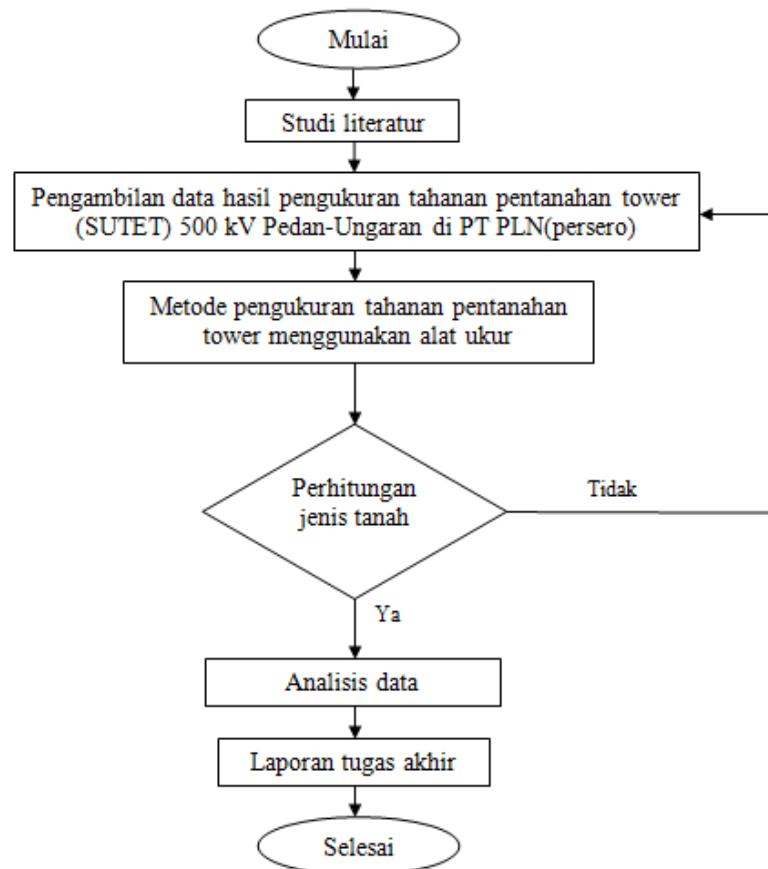


Gambar 1. Pengujian resistansi pentanahan tower



Gambar 2. Alat ukur *earth tester*

## 2.4. Flowchart Penelitian



Gambar 3. Flowchart penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran tahanan pentanahan ini memakai alat ukur *earth tester* digital dengan nama kyoritsu model 4105A skala ukur yang dipakai sebesar 20  $\Omega$ . Pengukuran tahanan pentanahan tower 500 kV Pedan-Ungaran berjumlah 174 tower memakai jenis elektroda batang atau dapat disebut *grounding rod* sebanyak 4 elektroda yang ditanam secara paralel. Proses pengukuran dilakukan beberapa cara yaitu dengan cara pengukuran gabungan, pengukuran kaki a-b, dan pengukuran kaki c-d pada tower 500 kV Pedan-Ungaran, tetapi dalam analisis ini data pengukuran yang dipakai hanya pengukuran tahanan pentanahan secara gabungan yaitu 4 elektroda batang yang di tanam secara paralel sebab dalam pengukuran tahanan pentanahan secara gabungan pengukuran dilakukan dengan memakai 4 elektroda yang dipasang secara paralel, jadi dalam perhitungan nilai tahanan total pengukuran tower yaitu pembagian antara 4 elektroda atau dapat di tuliskan dengan rumus R paralel sebagai berikut  $1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4 + \dots + 1/R_n$   $\Omega$ . Diameter elektroda batang yang di pakai di tower sebesar 0,015 meter yang di ambil dari standar PUIL 2000 dan panjang elektroda yang tertanam dari 174 tower SUTET 500 kV Pedan-Ungaran sebesar 3 meter.

### 3.1. Analisis tahanan jenis tanah

Perhitungan nilai tahanan tanah dapat digunakan persamaan  $R = \rho L/A$  dan didasarkan pada asumsi bahwa tahanan tanah seragam pada seluruh volume tanah hal ini sangat jarang terjadi karena berbedanya jenis tanah di sekitar pentanahan, maka dari itu

persamaan yang dapat digunakan untuk pasak tunggal dikembangkan oleh profesor H.B. Dwight yaitu :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \text{ atau } \rho = \frac{2\pi LR}{\left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)}$$

Keterangan :

R = Tahanan elektroda ke tanah ( $\Omega$ )

$\rho$  = Tahanan jenis tanah ( $\Omega$ -m)

L = Panjang elektroda ke tanah (m)

a = Jari-jari batang penampang elektroda (m)

Untuk menghitung tahanan jenis tanah ( $\rho$ ) data yang diperlukan adalah data hasil pengukuran tahanan pentanahan tower gabungan sebanyak 174 tower SUTET 500 kV Pedan-Ungaran yang didapat dari PT PLN(Persero) Basacamp Salatiga sebagai berikut :

1. (D) diameter elektroda batang sebesar 0,015 meter/(a) jari-jari elektroda batang sebesar 0,0075 meter.
2. Data hasil pengukuran tahanan pentanahan (R) SUTET 500 kV Pedan-Ungaran 174 tower tahun 2014 dapat dilihat dalam tabel 1.
3. Panjang elektroda ke tanah (L) sepanjang 3 meter.

Di bawah ini perhitungan tahanan jenis tanah ( $\rho$ ) dicontohkan tower nomer T01 dan selanjutnya hasil perhitungan dapat di lihat dari tabel 1 :

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{2\pi LR}{\left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 3 \times 2}{\left( \ln \frac{4 \times 3}{0,0075} - 1 \right)} = \frac{37,68}{(\ln 1600 - 1)} = \frac{37,68}{6,378} = 5,91 (\Omega - m) \end{aligned}$$

### 3.2 Analisis tahanan elektroda ke tanah

Dalam perhitungan elektroda ke tanah masih memakai persamaan  $R = \rho L/A$  dan didasarkan pada asumsi bahwa tahanan tanah seragam pada seluruh volume tanah yang dikembangkan oleh profesor H.B. Dwight yaitu :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \text{ atau } \rho = \frac{2\pi LR}{\left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)}$$

Keterangan :

R = Tahanan elektroda ke tanah ( $\Omega$ )

$\rho$  = Tahanan jenis tanah ( $\Omega$ -m)

L = Panjang elektroda ke tanah (m)

a = Jari-jari batang penampang elektroda (m)

Untuk menghitung tahanan elektroda ke tanah (R) data yang dipakai adalah hasil perhitungan dari tahanan jenis tanah ( $\rho$ ) sebanyak 174 tower. Maksud dari perhitungan ini

yaitu membandingkan hasil pengukuran dari PT PLN(Persero) dengan hasil perhitungan yang tentunya dirubah dari segi panjang elektroda yang di tanam. Data yang dipakai adalah sebagai berikut :

1. (D) diameter elektoda batang sebesar 0,015 meter/(a) jari-jari elektroda batang sebesar 0,0075 meter.
2. Hasil perhitungan dari tahanan jenis tanah ( $\rho$ ).
3. Panjang elektroda ke tanah (L) sepanjang 4 meter dan 5 meter.

Di bawah ini perhitungan tahanan elektroda ke tanah (R) dicontohkan tower nomer T01 dan selanjutnya hasil dapat dilihat di tabel 1 :

1. L = 4 meter

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

$$R = \frac{5,91}{2 \times 3,14 \times 4} \left( \ln \frac{4 \times 4}{0,0075} - 1 \right)$$

$$R = \frac{5,91}{25,12} (\ln 2133,33 - 1)$$

$$R = \frac{5,91}{25,12} (6,66)$$

$$R = 1,56 \Omega$$

2. L = 5 meter

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

$$R = \frac{5,91}{2 \times 3,14 \times 5} \left( \ln \frac{4 \times 5}{0,0075} - 1 \right)$$

$$R = \frac{5,91}{31,4} (\ln 2666,67 - 1)$$

$$R = \frac{5,91}{31,4} (6,89)$$

$$R = 1,29 \Omega$$

Tabel 1. Data perhitungan analisis jenis tanah dan analisis tahanan elektroda ke tanah

No	Diameter (meter)	Jari-jari (meter)	No tower	Pengukuran tower gabungan di PT PLN(Persero) tahun 2014 dengan elektroda batang (L) sebesar 3 meter		$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
				(R) tahanan elektroda ke tanah ( $\Omega$ )	$\rho = \frac{2\pi LR}{\left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)}$ ( $\Omega$ -m)	L= 4 meter ( $\Omega$ )	L= 5 meter ( $\Omega$ )
1	0,015	0,0075	T01	2	5,91	1,56	1,29

2	0,015	0,0075	T02	1,9	5,61	1,48	1,23
3	0,015	0,0075	T03	1,9	5,61	1,48	1,23
4	0,015	0,0075	T04	2,4	7,09	1,87	1,55
5	0,015	0,0075	T05	1,5	4,43	1,17	0,97
6	0,015	0,0075	T06	1,2	3,55	0,94	0,77
7	0,015	0,0075	T07	1,5	4,43	1,17	0,97
8	0,015	0,0075	D8	1,4	4,14	1,09	0,90
9	0,015	0,0075	D9	1,6	4,73	1,25	1,03
10	0,015	0,0075	D10	0,7	2,07	0,54	0,45
11	0,015	0,0075	D11	0,7	2,07	0,54	0,45
12	0,015	0,0075	A12	0,5	1,48	0,39	0,32
13	0,015	0,0075	D13	0,6	1,77	0,46	0,38
14	0,015	0,0075	D14	0,7	2,07	0,54	0,45
15	0,015	0,0075	D15	0,91	2,69	0,71	0,59
16	0,015	0,0075	A16	0,45	1,33	0,35	0,29
17	0,015	0,0075	D17	0,30	0,89	0,23	0,19
18	0,015	0,0075	D18	2,5	7,38	1,95	1,61
19	0,015	0,0075	D19	2,3	6,79	1,80	1,48
20	0,015	0,0075	D20	2,5	7,38	1,95	1,61
21	0,015	0,0075	A21	2,7	7,98	2,11	1,75
22	0,015	0,0075	D22	4,6	13,59	3,60	2,98
23	0,015	0,0075	A23	4,7	13,88	3,67	3,04
24	0,015	0,0075	D24	4,4	13	3,44	2,85
25	0,015	0,0075	D25	4,8	14,18	3,75	3,11
26	0,015	0,0075	A26	4,9	14,47	3,83	3,17
27	0,015	0,0075	A27	4	11,82	3,13	2,59
28	0,015	0,0075	A28	3,9	11,52	3,05	2,52
29	0,015	0,0075	A29	1,9	5,61	1,48	1,23
30	0,015	0,0075	D30	1,3	3,84	1,01	0,84
31	0,015	0,0075	A31	1,8	5,32	1,41	1,16
32	0,015	0,0075	A32	2,7	7,98	2,11	1,75
33	0,015	0,0075	A33	2,5	7,38	1,95	1,61
34	0,015	0,0075	A34	2,4	7,09	1,87	1,55
35	0,015	0,0075	D35	1,9	5,61	1,48	1,23
36	0,015	0,0075	D36	0,8	2,36	0,62	0,51
37	0,015	0,0075	A37	1,8	5,32	1,41	1,16
38	0,015	0,0075	A38	2,9	8,57	2,27	1,88
39	0,015	0,0075	D39	2,1	6,20	1,64	1,36
40	0,015	0,0075	D40	2	5,91	1,56	1,29
41	0,015	0,0075	D41	1,8	5,32	1,41	1,16
42	0,015	0,0075	A42	2	5,91	1,56	1,29
43	0,015	0,0075	43	1	2,95	0,78	0,64
44	0,015	0,0075	44	0,8	2,36	0,62	0,51
45	0,015	0,0075	A45	0,9	2,66	0,70	0,58
46	0,015	0,0075	46	0,8	2,36	0,62	0,51
47	0,015	0,0075	47	1,8	5,32	1,41	1,16
48	0,015	0,0075	A48	0,8	2,36	0,62	0,51
49	0,015	0,0075	49	1,1	3,25	0,86	0,71
50	0,015	0,0075	50	0,9	2,66	0,70	0,58
51	0,015	0,0075	A51	0,8	2,36	0,62	0,51
52	0,015	0,0075	52	0,9	2,66	0,70	0,58
53	0,015	0,0075	53	1,7	5,02	1,33	1,10
54	0,015	0,0075	54	2,4	7,09	1,87	1,55
55	0,015	0,0075	55	1,1	3,25	0,86	0,71
56	0,015	0,0075	56	1,8	5,32	1,41	1,16
57	0,015	0,0075	D57	1,4	4,14	1,09	0,90
58	0,015	0,0075	D58	1,5	4,43	1,17	0,97
59	0,015	0,0075	D59	1,6	4,73	1,25	1,03

60	0,015	0,0075	D60	1,5	4,43	1,17	0,97
61	0,015	0,0075	D61	1,2	3,54	0,93	0,77
62	0,015	0,0075	D62	1,9	5,61	1,48	1,23
63	0,015	0,0075	A63	2,0	5,91	1,56	1,29
64	0,015	0,0075	A64	1	2,95	0,78	0,64
65	0,015	0,0075	D65	0,9	2,66	0,70	0,58
66	0,015	0,0075	D66	0,8	2,36	0,62	0,51
67	0,015	0,0075	D67	1,3	3,84	1,01	0,84
68	0,015	0,0075	A68	1,1	3,25	0,86	0,71
69	0,015	0,0075	A69	1,1	3,25	0,86	0,71
70	0,015	0,0075	D70	1,4	4,14	1,09	0,90
71	0,015	0,0075	A71	1,4	4,14	1,09	0,90
72	0,015	0,0075	D72	1,7	5,02	1,33	1,10
73	0,015	0,0075	D73	1,5	4,43	1,17	0,97
74	0,015	0,0075	D74	1,4	4,14	1,09	0,90
75	0,015	0,0075	D75	1,7	5,02	1,33	1,10
76	0,015	0,0075	D76	1,8	5,32	1,41	1,16
77	0,015	0,0075	D77	1,9	5,61	1,48	1,23
78	0,015	0,0075	78	1,3	3,84	1,01	0,84
79	0,015	0,0075	79	1,8	5,32	1,41	1,16
80	0,015	0,0075	80	1,1	3,25	0,86	0,71
81	0,015	0,0075	A81	1,1	3,25	0,86	0,71
82	0,015	0,0075	82	0,8	2,36	0,62	0,51
83	0,015	0,0075	83	0,8	2,36	0,62	0,51
84	0,015	0,0075	84	0,4	1,18	0,31	0,25
85	0,015	0,0075	D85	1,1	3,25	0,86	0,71
86	0,015	0,0075	D86	1,2	3,54	0,93	0,77
87	0,015	0,0075	D87	1,1	3,25	0,86	0,71
88	0,015	0,0075	D88	1,2	3,54	0,93	0,77
89	0,015	0,0075	D89	1,4	4,14	1,09	0,90
90	0,015	0,0075	D90	1	2,95	0,78	0,64
91	0,015	0,0075	D91	0,9	2,66	0,70	0,58
92	0,015	0,0075	92	1	2,95	0,78	0,64
93	0,015	0,0075	93	2	5,91	1,56	1,29
94	0,015	0,0075	94	1	2,95	0,78	0,64
95	0,015	0,0075	95	1,4	4,14	1,09	0,90
96	0,015	0,0075	96	1,1	3,25	0,86	0,71
97	0,015	0,0075	97	1,1	3,25	0,86	0,71
98	0,015	0,0075	98	1,7	5,02	1,33	1,10
99	0,015	0,0075	99	1,4	4,14	1,09	0,90
100	0,015	0,0075	100	1	2,95	0,78	0,64
101	0,015	0,0075	101	1,3	3,84	1,01	0,84
102	0,015	0,0075	102	1,7	5,02	1,33	1,10
103	0,015	0,0075	103	2	5,91	1,56	1,29
104	0,015	0,0075	104	2,1	6,20	1,64	1,36
105	0,015	0,0075	105	2,6	7,68	2,03	1,68
106	0,015	0,0075	T106	2,7	7,96	2,11	1,74
107	0,015	0,0075	T107	2,6	7,68	2,03	1,68
108	0,015	0,0075	T108	2,7	7,96	2,11	1,74
109	0,015	0,0075	T109	2,8	8,27	2,19	1,81
110	0,015	0,0075	T110	3,1	9,16	2,42	2
111	0,015	0,0075	T111	3,2	9,45	2,50	2,07
112	0,015	0,0075	T112	3	8,86	2,34	1,94
113	0,015	0,0075	D113	2	5,91	1,86	1,29
114	0,015	0,0075	A114	2,2	6,50	1,72	1,42
115	0,015	0,0075	D115	2,6	7,68	2,03	1,68
116	0,015	0,0075	A116	3	8,86	2,34	1,94
117	0,015	0,0075	D117	3,2	9,45	2,50	2,07

118	0,015	0,0075	D118	3,1	9,16	2,42	2
119	0,015	0,0075	D119	3,1	9,16	2,42	2
120	0,015	0,0075	D120	2,2	6,50	1,72	1,42
121	0,015	0,0075	D121	3,5	10,34	2,74	2,26
122	0,015	0,0075	D122	3,8	11,22	2,97	2,46
123	0,015	0,0075	D123	3,4	10,04	2,66	2,20
124	0,015	0,0075	D124	3,2	9,45	2,50	2,07
125	0,015	0,0075	A125	3,3	9,75	2,58	2,13
126	0,015	0,0075	A126	3,4	10,04	2,66	2,20
127	0,015	0,0075	127	1,7	5,02	1,33	1,10
128	0,015	0,0075	128	1,8	5,32	1,41	1,16
129	0,015	0,0075	129	0,8	2,36	0,62	0,51
130	0,015	0,0075	130	2	5,91	1,56	1,29
131	0,015	0,0075	131	1,9	5,61	1,48	1,23
132	0,015	0,0075	132	3,9	11,52	3,05	2,52
133	0,015	0,0075	133	1,8	5,32	1,41	1,16
134	0,015	0,0075	A134	2,2	6,50	1,72	1,42
135	0,015	0,0075	D135	3,1	9,16	2,42	2
136	0,015	0,0075	D136	3	8,86	2,34	1,94
137	0,015	0,0075	A137	2	5,91	1,56	1,29
138	0,015	0,0075	D138	1,1	3,25	0,86	0,71
139	0,015	0,0075	D139	2,4	7,09	1,87	1,55
140	0,015	0,0075	A140	2,2	6,50	1,72	1,42
141	0,015	0,0075	141	2,3	6,79	1,80	1,48
142	0,015	0,0075	142	2	5,91	1,56	1,29
143	0,015	0,0075	143	1,8	5,32	1,41	1,16
144	0,015	0,0075	144	0,8	2,36	0,62	0,51
145	0,015	0,0075	145	0,4	1,18	0,31	0,25
146	0,015	0,0075	146	0,5	1,48	0,39	0,32
147	0,015	0,0075	147	0,5	1,48	0,39	0,32
148	0,015	0,0075	A148	0,6	1,77	0,46	0,38
149	0,015	0,0075	A149	0,7	2,07	0,54	0,45
150	0,015	0,0075	A150	0,6	1,77	0,46	0,38
151	0,015	0,0075	D151	0,8	2,36	0,62	0,51
152	0,015	0,0075	D152	0,8	2,36	0,62	0,51
153	0,015	0,0075	D153	0,4	1,18	0,31	0,25
154	0,015	0,0075	D154	0,8	2,36	0,62	0,51
155	0,015	0,0075	T155	0,8	2,36	0,62	0,51
156	0,015	0,0075	T156	0,6	1,77	0,46	0,38
157	0,015	0,0075	T157	1	2,95	0,78	0,64
158	0,015	0,0075	T158	0,7	2,07	0,54	0,45
159	0,015	0,0075	T159	0,8	2,36	0,62	0,51
160	0,015	0,0075	T160	1	2,95	0,78	0,64
161	0,015	0,0075	T161	0,8	2,36	0,62	0,51
162	0,015	0,0075	D162	1,4	4,14	1,09	0,90
163	0,015	0,0075	A163	1,7	5,02	1,33	1,10
164	0,015	0,0075	D164	1,8	5,32	1,41	1,61
165	0,015	0,0075	D165	2,3	6,79	1,80	1,48
166	0,015	0,0075	D166	1,8	5,32	1,41	1,16
167	0,015	0,0075	A167	1,7	5,02	1,33	1,10
168	0,015	0,0075	D168	1,8	5,32	1,41	1,16
169	0,015	0,0075	D169	0,8	2,36	0,62	0,51
170	0,015	0,0075	D170	0,7	2,07	0,54	0,45
171	0,015	0,0075	D171	0,6	1,77	0,46	0,38
172	0,015	0,0075	D172	0,7	2,07	0,54	0,45
173	0,015	0,0075	A173	0,8	2,36	0,62	0,51
174	0,015	0,0075	A174	0,4	1,18	0,31	0,25

#### 4. PENUTUP

Berdasarkan analisis pengukuran tahanan resistansi pentanahan tower saluran udara tegangan extra tinggi (SUTET) 500 kV Pedan-Ungaran maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Setiap jenis tanah memiliki nilai resistansi pembumian yang berbeda-beda.
- b. Komposisi tanah yang berbeda di sekitar elektroda batang menyebabkan nilai resistansi elektroda pentanahan yang berbeda.
- c. Pemilihan jenis elektroda pentanahan mempengaruhi nilai resistansi pentanahan karena semakin besar luas penampang elektroda yang di pakai maka semakin kecil resistansinya.
- d. Semakin dalam elektroda yang di tanam maka semakin kecil nilai resistansi pentanahannya hal ini dapat di lihat pada analisis perhitungan saat  $L=3$  meter,  $L=4$  meter, dan  $L=5$  meter. Salah satu contoh perhitungan nomer tower T01 saat  $(L)/\text{panjang elektroda } 3 \text{ meter}$  nilai tahanan elektroda pentanahannya yaitu  $2 \Omega$ , saat  $(L)/\text{panjang elektroda } 4 \text{ meter}$  nilai tahanan elektroda pentanahannya yaitu  $1,56 \Omega$ , saat  $(L)/\text{panjang elektroda } 5 \text{ meter}$  nilai tahanan elektroda pentanahannya yaitu  $1,29 \Omega$ .
- e. Elektroda yang di tanam secara paralel memiliki nilai resistansi elektroda pentanahan yang kecil dari pada elektroda yang di pasang secara tunggal karena elektroda yang di pasang secara paralel memiliki perhitungan nilai tahanan total pengukuran tower yaitu pembagian antara 4 elektroda atau dapat dituliskan dengan rumus R paralel sebagai berikut  $1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4 + \dots + 1/R_n \Omega$ .

#### PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan syukur kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan ridho-Nya dan tak lupa solawat serta salam kepada nabi MUHAMMAD SAW sehingga laporan penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang senantiasa membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Kedua orang tua Bapak dan Ibu yang selalu memberikan dukungan do'a, nasehat, semangat, serta motivasi sehingga penulis bisa sampai seperti ini.
2. Bapak Ir. Jatmiko, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Umar, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Akas selaku pimpinan PT PLN (Persero) Basecamp Salatiga yang telah membantu memberikan dan menjelaskan data yang diperlukan dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.



5. Bapak Supriyono selaku supervisor PT PLN(Persero) Pedan Klaten yang memberikan penjelasan kepada penulis tentang judul laporan tugas akhir yang diambil penulis.
6. Teman-teman Teknik Elektro UMS angkatan 2012 yaitu Susanto, Dio P, Zainal Mustofa, Dedi Eka Putra, Dedi Wiratmoko, M. Pangeran, Alfian Syafi'i, Erwin Susanto, Dimas P, Sidik N serta semua teman-teman angkatan 2012 yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam pengerjaan laporan tugas akhir ini.
7. Teman-teman yang membantu dalam pembuatan laporan tugas akhir ini yaitu Susanto, Prasetya, Dio P, Saleh Syahmi, Alfian Syafi'i, Dedi Eka P, Sidik N.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chenghuan Lian, Yi Zhang. (2011). Lightning Transient Characteristics Ota 500-kV Substation Grounding Grid. China. *Asia-Pacific International Conference On Lightning IEEE*, 978-14577-5/11
- Feng, Z., Lu, L., & Feng, J. (2011). Research on reducing grounding resistance of transmission line tower grounding grid. *2011 International Conference on Electrical and Control Engineering, ICECE 2011 - Proceedings*, 1216–1219. <http://doi.org/10.1109/ICECENG.2011.6057902>
- Jian, L., Wei, J., Jin, Z. J., & Wang, F. H. (2008). Study on measuring the grounding resistance of grounding grid with short lead wire. *2008 China International Conference on Electricity Distribution, CICED 2008*, 2–5. <http://doi.org/10.1109/CICED.2008.5211767>
- KEPDIR No. 0520/1.K DIR 2014-Himp Buku Pedoman dan Asesmen SUTT SUTET. Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Extra Tinggi (SUTT/SUTET). PT PLN. 2014.
- PUIL. (2000). Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Rong Zeng. (2004). Grounding Resistance Measurement Analysis Of Grounding System In Vertical-Layered Soil. *IEEE Transactions On Power Delivery*, 19, No.4.
- Tadjuddin. (2008). Penerapan System Grid Tak Simetri Pada Pentanahan Gardu Induk Bulu Kumba. Available at <http://www.elektroindonesia.com/elektro>. diakses 26 Juni 2016.